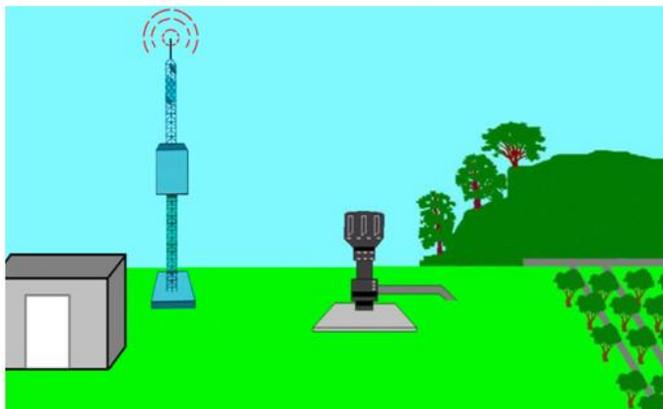


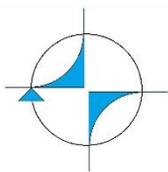
Revista técnico científica

- Ciencias Exactas.
- Ciencias Naturales.
- Ciencias de la tierra.
- Ingeniería y Tecnología.



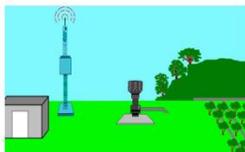
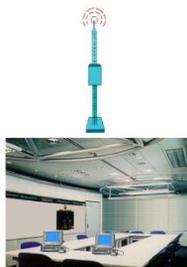
Temática de los artículos

- Automatización y Control.
- Instrumentación.
- Mecatrónica.
- Robótica.
- Agrícola.
- Biotecnología.
- Domótica e Inmótica.
- Sistemas Embebidos.
- Electrónica de Potencia.
- Aplicaciones HMI Scada.
- Aplicaciones inalámbricas.



CONTENIDO

Nuestra portada:



Sistema de control y adquisición de datos para riego de parcelas de frutales y caña de azúcar (Sistema HMI Scada). En esta aplicación se integran sensores, actuadores, controladores lógicos programables, (PLC's), variadores de velocidad (Drive's), Celdas Solares, Transmisores y receptores inalámbricos e interfaces gráficas de operación (HMI's).

ARTÍCULOS

1

Editorial

2

Construcción y control de un sistema de bola y plataforma.

Jaime Jalomo Cuevas y otros.

7

Diseño y sintonización de un controlador PID para Sistema Hidrotérmico.

Luis Enrique Salvador Cano y otros.

11

Diseño e implementación de un sistema de monitoreo continuo de vibración y temperatura para un equipo de bombeo.

Juan Luis García Huanaco y otros.

16

Programa de fertirriego en un invernadero utilizando un PLC.

Carlos Enrique Maciel García y otros.

20

Formato: "Preparación de Artículos para TRANSACCIONES y PERIÓDICOS del IEEE".

Director General

José de Jesús García Cortés

Consejo Editorial

Héctor Manuel Campos López.

Ramón Bautista Guzmán.

Juan Luis García Huanaco.

Ignacio Avelar Miranda.

José de Jesús García Cortés

Coordinador administrativo

Luis Francisco García Segura

Editor

Saúl Solano Vizcaíno

ID+i Automatización y Control.

ISSN en trámite.

Año 1, No. 2, julio 2016.

Es una publicación semestral. Domicilio administrativo: Calle Esteban Cibrian No. 2, Fraccionamiento Los Fresnos, Zapotlán el Grande, Jalisco, C.P. 49032. Teléfono: 341 135 34 50.

Descarga la publicación en:

www.gsmautomatizacionycontrol.com

La responsabilidad del contenido y la sintaxis de los artículos presentados son responsabilidad del autor (es).

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del director general y Editor de esta publicación.

ID+i: Investigación Desarrollo e innovación son los temas centrales de esta publicación y uno de nuestros objetivos principales por su importancia.

Actualmente los países con más alta inversión en investigación y desarrollo son económicamente los más desarrollados. Son países que innovan continuamente y que han demostrado que la innovación es un factor crítico que les ha permitido lograr y conservar su fortaleza económica.

ID+i Automatización y Control, es una revista técnica científica que hasta el día de hoy cuenta con la colaboración de investigadores, académicos y profesionales en Automatización y Control pero que invita a participar a investigadores, académicos de otras áreas a publicar artículos que sean el resultado de proyectos de investigación o den a conocer innovaciones logradas en productos y procesos.

En este número se presentan cuatro artículos cuyas ponencias fueron presentadas en el Congreso Internacional de Electrónica del Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán. Hacemos extensa la invitación a publicar a otras instituciones.

Al final de este número puede consultar las normas editoriales para publicar en esta revista. El formato que se presenta puede tomarse como referencia para publicar.

Consejo editorial

Construcción y Control de un Sistema de Bola y Plataforma

Dr. Jaime Jalomo Cuevas M.I.E. Hugo A. Méndez M.I.P. José de J. García Cortés Lorenzo Antonio Olivera Diaz
jjalomo3@yahoo.com.mx hmendez97@hotmail.com iteg_jesusgc@hotmail.com
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán
Av. Tecnológico #100, carretera Cd. Guzmán el Fresnito, Jalisco

Resumen

Se presenta en este artículo una herramienta que permite que el alumno realice de forma interactiva tanto la simulación como el control experimental de un sistema bola y plataforma, con las siguientes estrategias implementadas: Simulación y control del prototipo del laboratorio por medio del control clásico y moderno. El control del sistema se realiza por medio de la tarjeta NI-USB 6008, utilizando el software LABVIEW y Matlab con un control PID implementado en SIMULINK, con el objetivo de lograr el control de estabilización del sistema bola y plataforma.

Índice de Términos—Control, modelado, sistema bola y plataforma, PID discreto.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema bola y plataforma es uno de los problemas usados en la demostración de leyes en ingeniería de control moderna, la particularidad de este consiste en que puede ser usado tanto para explicar los principios del control no lineal, como para su linealización en puntos de equilibrio, y estabilización de sistemas inestables [1].

El sistema bola y plataforma se compone por una plataforma controlada, sujetado al centro de un eje montado sobre tres soportes, el cual se puede mover por medio del control de dos servomotores. La plataforma es capaz de moverse libremente en del eje Z montado sobre los soporte.

El objetivo del control es hacer que la plataforma se mantenga en una posición en el eje Z para llevar a la bola a u punto de operación.

Este trabajo se centra en la creación de un sistema bola y plataforma de uso didáctico, partiendo del control de la posición de la plataforma en el punto

de operación, por medio de un control PID usando el software SIMULINK.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema está compuesto por una plataforma, con una cámara montada por encima de esta, la plataforma puede moverse verticalmente sobre una base, donde su trayectoria estará limitada por la longitud de la longitud de los eslabones conectado a los servomotores de la base.



Figura 1: Sistema bola y plataforma propuesto.

III. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA BOLA Y PLATAFORMA

En esta sección se muestra el sistema bola y plataforma construido, así como la descripción del controlador, el sensor (Cámara) y los actuadores de la plataforma utilizados para este sistema de control. En la figura 2 se muestra la primera fase de la construcción del sistema bola y plataforma.



Figura 2: Primera fase de la construcción del sistema bola y plataforma.

A. Controlador

El control del sistema es realizado por dos controles PID Discretos, un instrumento virtual elaborado por software SIMULINK (Figura 3) y adquirido por medio de la tarjeta NI - USB 6008, con una capacidad de adquisición de hasta 10 kmuestras/seg.

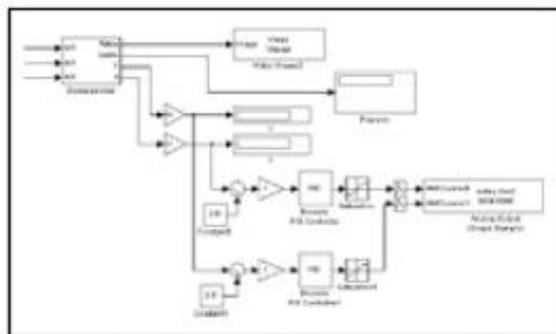


Figura 3: Control del sistema por medio dos controles PID Discretos en SIMULINK.

En la figura 4 se muestra el diagrama a bloques que se realizó para el control del sistema bola y plataforma, el cual consiste en la comparación con la posición deseada $R(x,y)$ y control de la ubicación de la pelota por un sistema PID para cada eje, por medio de retroalimentación visual a través de una webcam y procesamiento de imagen por medio de SIMULINK. Para el sistema se realizaron las pruebas de control utilizando la tarjeta de adquisición de datos con un control de lazo abierto, con el cual se observó el control de los servomotores funcionando correctamente.

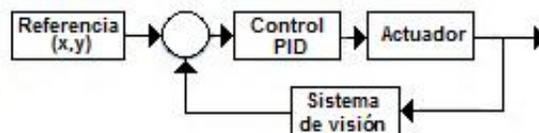


Figura 4: Diagrama a bloques del lazo de control.

En la figura 5 se muestra el diagrama completo del lazo de control que permite realizar el control del sistema bola y plataforma. Con este programa se controlara la posición de la pelota sobre la plataforma. Con la cámara se estará ubicando la posición exacta de la pelota, los controladores PID ayudaran al movimiento de los servomotores y así hacer que la pelota quede en el centro estabilizada.

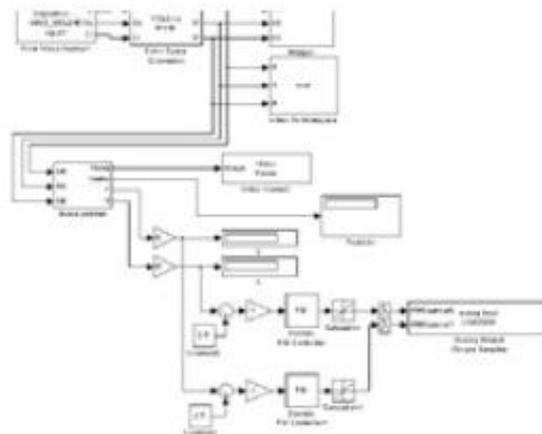


Figura 5: Diagrama final en SIMULINK.

Este proceso es visualizado por medio por medio de un diagrama de SIMULINK, donde el usuario puede modificar los valores del controlador PID y observar en tiempo real las variables del proceso (Figura 6).

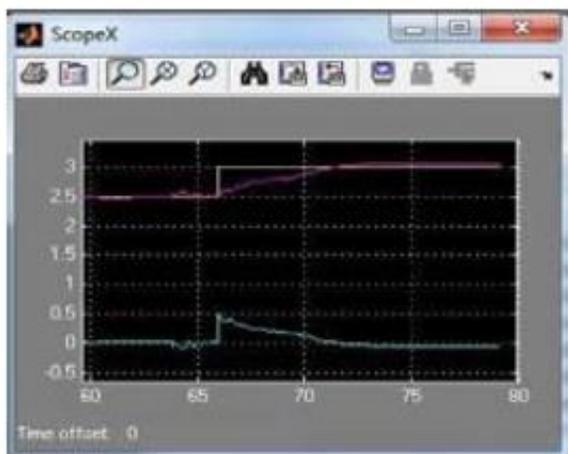


Figura 6: Señales del control obtenidas.

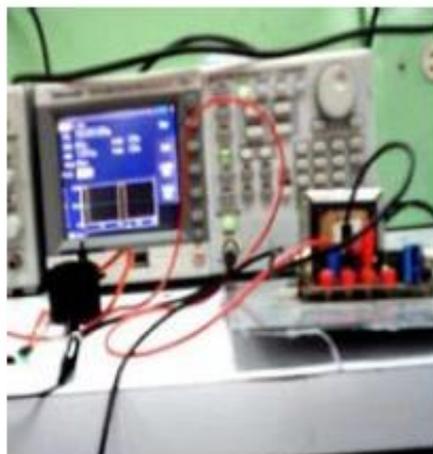


Figura 7: Prueba al servomotor

B. Sensor

El sensor de posición de la bola es una cámara sobre una barra vertical, cuya señal está conectada a una terminal USB de la computadora.

C. Desarrollo del prototipo de un sistema bola y plataforma.

Para el desarrollo del procedimiento del sistema lo primero que se realizó fue la planeación del anteproyecto, después se investigó cada concepto y componente que se utilizaría en el sistema.

En la búsqueda de información se encontraron diferentes prototipos del sistema bola y plataforma, después de ver los diferentes modelos de sistema se eligió el que se consideró conveniente para nuestro objetivo.

Se utilizaron dos servomotores para controlar los ejes uno realizaría el control en X y el otro haría lo mismo para el eje Y.

Se realizaron pruebas de funcionamiento a los servomotores, se realizaron las conexiones de prueba para cada uno, observando el buen funcionamiento de ambos servomotores como se muestra en la (figura 7).

Se hicieron las bases para los servomotores y después se instalaron en la posición que estarían ubicados.



Figura 8: Servomotores en su base.

Ahora se analizaron las propuestas que se realizaron para que se utilizará como unión entre el servomotor y la base móvil, entre las propuestas se decidió utilizar antenas ya que si se dañaba serían fáciles de reponer y su manejo sería más fácil.

Teniendo listo el acoplamiento de la antena, se dispuso a instalarlo sobre la base móvil para realizar algunas pruebas al sistema.

Se realizaron las conexiones para hacer unas pruebas al sistema, primero se realizó la prueba para cada servomotor y se observó que trabajaban en buenas condiciones ambos servomotores. Se modificó la base y los servomotores realizando las pruebas del sistema, se mostró la respuesta, validando la altura y distancias para pasar a las siguientes pruebas. En la reubicación de los servomotores se alinearon sobre la diagonal. Se hizo la última prueba al sistema

con los servomotores funcionando correctamente.

Aprobado el sistema se paso a realizar pruebas con la cámara para localizar el campo de visión que detecta la cámara.

Para la identificación de la pelota se tuvo que sacar el rango en RGB del color de la pelota. Para ello se tomó una imagen directa de la pelota con la cámara y se realizó la codificación. En la identificación de la pelota se observó que existía ruido, para eliminar el ruido fue necesario utilizar unas herramientas de procesamiento de imagen en SIMULINK: erosión y dilatación.

IV. RESULTADOS

En la figura 9 se muestra el circuito realizado para la generación de los PWM y pruebas en lazo abierto del sistema, el primer operacional crea una función rampa la cual se comparara con los voltajes de control para generar el movimiento de los servomotores por medio de la modulación PWM, los diodos zener limitan el voltaje manejado por los amplificadores.

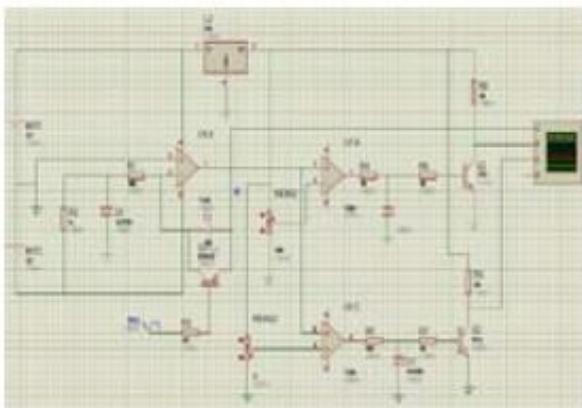


Figura 9: Circuito implementado para pruebas en lazo abierto del sistema.

Con el reconocimiento de la pelota se paso a realizar las primeras pruebas del sistema.

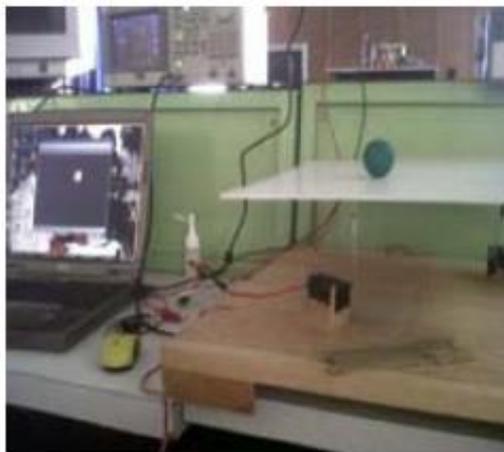


Figura 10. Pruebas del reconocimiento de la pelota sobre la plataforma

Posteriormente se anexo dos controladores PID para el control de los servomotores. Con este control se controla el movimiento de los servomotores para controlar la ubicación de la pelota (Figura 11).

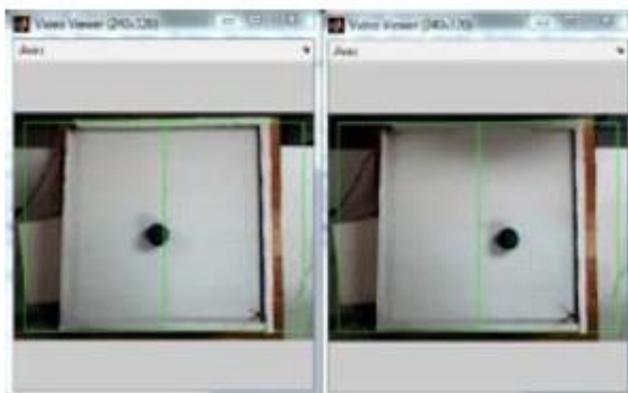


Figura 11. Prueba de movimiento de la pelota.

Se realizaron las pruebas para cada servomotor buscando el rango de trabajo de ellos, encontrados los valores, se dispuso a pasarlos al programa para tener un control de voltaje de 0 a 5V. Obtenidos los datos y después de anexarlos al sistema se realizó la prueba con cada uno.

V. CONCLUSIONES

En el transcurso del procedimiento iniciamos realizando pruebas del buen funcionamiento de cada uno de los servomotores. Tomando en cuenta el cableado de nuestro servomotor.

Aun con los problemas que se presentaron, todos tuvieron una solución que nos favorecía para el buen funcionamiento del sistema. Durante la realización de las pruebas con los servomotores se pudo observar que si no se manipulaba el ciclo de trabajo del servomotor para nuestro sistema, los servomotores trabajaban por debajo del 20% y el generador nos maneja por regla el 50%, tal que si no se trabajaba en el ciclo correcto existía un movimiento no deseado.

El circuito que se armó fue de gran ayuda en conjunto con el programa para tener el control del movimiento del sistema. La rampa que provee el integrador en conjunto con los comparadores modifica el ciclo de trabajo de los PWM generados.

Gracias a las pruebas en lazo abierto por medio de amplificadores operacionales y en lazo cerrado por el diagrama a bloques final realizado en SIMULINK, se obtuvo una herramienta para desarrollar control de forma interactiva, herramienta que sin duda será un complemento al estudio de sistemas de control automático.

REFERENCIAS

- [1] Ogata Katsuhiko, "Ingeniería de Control Moderna", Third Edition, Ed. Prentice Hall, 1998.
- [2] Suykens, Johan A.K., "Static and dynamic stabilizing neural controllers, applicable to transition between equilibrium points", Katholieke Universiteit Leuven, Feb 1993.
- [3] Phillips Charles, "Digital Control System Analysis and Design", Third Edition.
- [4] T. Kailath. "Linear Systems". Ed. Prentice Hall. Chen Chi-Tsong, "Linear System Theory and Design", Third Edition.
- [5] Kuo Benjamin C., "Automatic Control Systems", Ninth Edition.
- [6] Levine William S., "The Control Hand-book", PRESS.

Modelado y Control de un Sistema Hidrotérmico

M.I.P. José de J. García Cortés (ITCG) Ing. Jorge Meza (ITC) Ing. Luis Enrique salvador Cano (ITCG)
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán
Av. Tecnológico #100, carretera Cd. Guzmán el Fresno, Jalisco

Resumen: La necesidad de control procesos se ha convertido en el punto de partida, para crear modelos de control Proporcional Integral Derivativo (PID), que permitan reducir el error a partir de una sintonización del controlador, para este proyecto, existe la necesidad de controlar sin supervisión constante, la temperatura del sistema de cocimiento de caña de azúcar. En virtud de que el control de temperatura constituye un problema de control de carácter no lineal, se justifica el uso de la técnica PID mediante el software LabView para el modelado y control de la temperatura.

keywords: Modeling, Simulation, PID, Heating, caña, LabView.

1.- Introducción

El diseño de sistemas de control de temperatura, basados en control PID, ha sido un área de tremenda efervescencia científica y de gran impacto en todos los sectores. Por un lado, ha habido una gran cantidad de trabajos para el diseño algoritmos de control de temperatura, desde otro ángulo, el método de sintonización de Pade.

El método de Pade ha sido ampliamente utilizado para resolver problemas de control de sistemas complejos, el control de temperatura constituye un problema clásico para la aplicación de esta técnica. El comportamiento de la temperatura en el ámbito de control de procesos, típicamente está asociado a una dinámica no lineal, por lo que un esquema de control convencional de carácter lineal, pudiera no ser robusto para mantener las especificaciones requeridas. Esto justifica la selección de esta técnica para llevar a cabo el diseño de un esquema de control de temperatura, utilizándolo para el sistema hidrotérmico que será desarrollado en este proyecto. Aunque se estudian diferentes fenómenos físicos

debido al manejo de temperatura, la transferencia de calor y control de corriente, el soporte de esta investigación es el diseño y construcción de un modelo matemático por el método de pade, el cual resultara en una sintonización de control PID.

2.- Modelado por Pade.

2.1 Identificación para métrica del sistema.

Prueba a lazo abierto (variando en forma escalonada la corriente suministrada al modulo de potencia del sistema hidrotérmico).

Como resultado de las pruebas con carga de caña, se observó que el sistema presento un comportamiento amortiguado y sin sobre impulso, por esto se decidió asumir como estructura del modelo la correspondiente a un sistema de primer orden, el cual por el método de Pade se convierte en un sistema de segundo orden.

En la Figura 1 se muestran una de las pruebas a lazo abierto, asociadas a una condición normal de temperatura, donde puede calcularse, partiendo de la grafica, los parámetros correspondientes a una función de transferencia de primer orden con retardo.

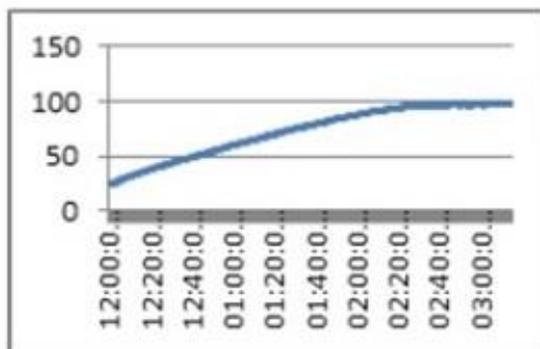


Figura 1 respuesta del sistema

En base a la información proporcionada por este comportamiento se obtiene las constantes del proceso.

El tiempo en el cual el proceso alcanzo la temperatura máxima por primera vez fue:

$$\Delta t = 2:49:00 \text{ segundos}$$

Llevando la temperatura desde una inicial:

$$t_1 = 24.99 \text{ }^\circ\text{C}$$

Hasta una temperatura final de:

$$t_2 = 97.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Bajo un suministro de corriente a 4 calefactoras con una resistencia cada una aproximadamente a los 10Ω , de 11 amperes a cada una a un volumen de 20 litros de agua aproximadamente.

Obteniendo mediante el método de pade la función de transferencia como se detalla.

El tiempo t_1 en alcanzar el 63.2% de la respuesta total:

$$t_1 = (63.2)\% * t_f \rightarrow 70.94 \text{ }^\circ\text{C}$$

El cual se cumple a los 4920 segundos

Y el tiempo en alcanzar el 28.3%:

$$t_2 = (28.3)\% * t_f \rightarrow 45.57 \text{ }^\circ\text{C}$$

El cual se cumple a los 2040 segundos

La constante de tiempo τ se obtiene de la diferencia de las temperaturas t_1 y t_2 multiplicados por una constante 1.5 en unidades de segundos:

$$\tau = 1.5(t_1 - t_2) \rightarrow 4320$$

El tiempo T_d muerto es:

$$T_d = (t_1 - \tau) \rightarrow 600$$

La constante de tiempo α es:

$$\alpha = 1/\tau \rightarrow 0.000231481$$

La ganancia k del proceso es:

$$k = (\alpha * t_f) \rightarrow 0.022615741$$

Con los datos obtenidos se realiza la función de transferencia para sistemas de primer orden:

$$G(s) = \frac{ke^{-t_d s}}{s + \alpha}$$

Debiendo aplicarse el principio de pade para una mejor simulación de respuesta por medio de la sustitución:

$$e^{-t_d s} = \frac{1 - \frac{t_d s}{2}}{1 + \frac{t_d s}{2}}$$

Obteniendo una función de transferencia igual a:

$$G(s) = \frac{-6.784722222s + 0.022615741}{300s^2 + 1.069444444s + 0.000231481}$$

La cual es graficada mediante una respuesta al escalón por medio del software de matlab versión 5.3 obteniendo las grafica 2.

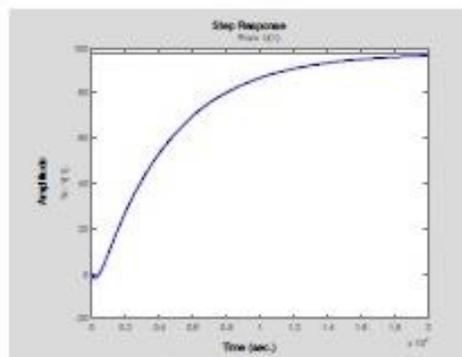


Figura 2 respuesta al escalón de la función de transferencia por medio de matlab 5.3

3.-Diseño del controlador.

Fijemos la meta en el desarrollo de un control PID en el software LabView y los parámetros a calcular por el método de pade.

Para el diseño del controlador por el método de sintonización de pade, se desarrollo un control PID en el Software LabView el cual se observa en la grafica 3.

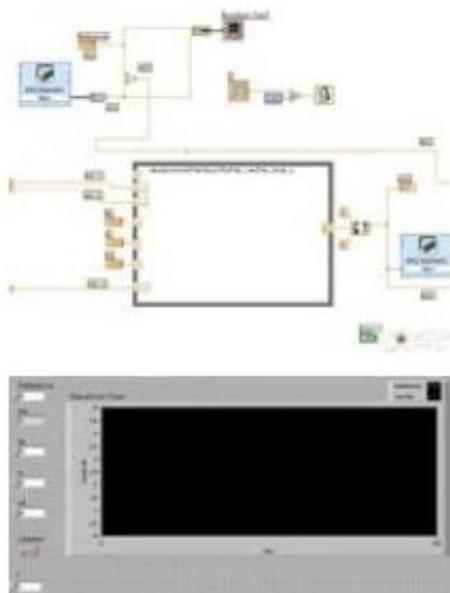


Figura 3 control PID para el sistema hidrotermico.

El cálculo de los parámetros del control PID

se desarrolla mediante las ecuaciones:

Calculando la ganancia del proceso mediante:

$$k = \frac{\Delta\% \text{ salida (temperatura)}}{\Delta\% \text{ Entrada (corriente)}}$$

En donde $\Delta\%$: es relacionado a temperatura:

$$\Delta\% \text{ salida} = \frac{(t_f - t_i)}{t_f} \rightarrow 0.027131$$

y el $\Delta\%$ Entrada (corriente):

$$\Delta\% \text{ salida} = \frac{I_f - I_i}{I_f} \rightarrow 0.011494$$

y por lo cual $k = 1.18022$;

Para la estimación de las constantes de tiempo se obtienen de la respuesta del sistema con carga a lazo abierto tomando en cuenta las utilizadas en el cálculo inmediato anterior:

$$t_1 = 28.3(t_f - t_i) \rightarrow 49.62 \text{ } ^\circ\text{C a los 10 min.}$$

$$t_2 = 63.2(t_f - t_i) \rightarrow 50.14 \text{ a los 10 min.}$$

*la temperatura interna del sistema hidrotermico es igual a 49.2 en ese momento.

Llegando a un sistema de ecuaciones en donde se obtiene τ y t_0

$$\begin{aligned} t_0 + \tau &= t_2 \\ t_0 + \frac{\tau}{3} &= t_1 \end{aligned}$$

Obteniendo:

$$t_0 = 4 \text{ y } \tau = 18$$

Para la estimación de los parámetros T_i y T_d

Se tiene que el $T_i = \tau \text{ min} \rightarrow 18$ segundos

y se tiene que el tiempo derivativo

$$T'_d = \frac{t_0}{2} \rightarrow 2 \text{ segundos}$$

Los parámetros de ajusten se obtienen mediante el sistema de ecuaciones descrito:

$$T_i = T_i'' + T'_d$$

$$T_d = T'_d \left(\frac{T_i'}{T_i + T'_d} \right)$$

Encontrando que el valor de la constante de integración es igual a 20 y la constante derivativa equivale a 1.8

En el desarrollo del cálculo de la constante K del proceso debe ser analizada su incontrabilidad mediante una fórmula en la cual dependiendo del resultado se aplica una segunda condición.

La incontrabilidad del sistema se encuentra mediante:

$$P_u = \frac{t_{0.5T}}{\tau} \rightarrow 1.77$$

Al obtener valores mayores de 0.5 se prevé que el sistema va a ser controlable mediante el método de sintonización por lo cual el resultado se divide entre un cociente de 2

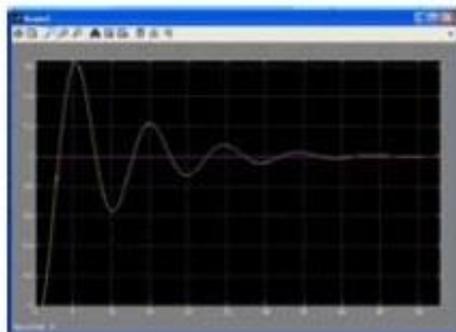
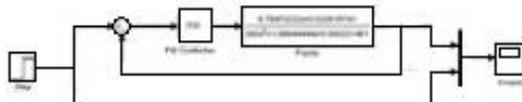
$$K'_c = \frac{P_u}{2} \rightarrow 0.885$$

La ecuación final para el cálculo de la constante de ganancia proporcional es:

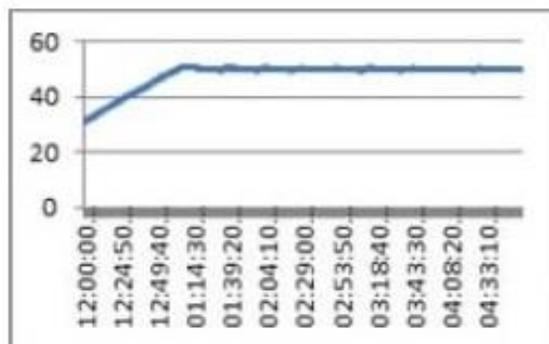
$$k_c = K'_c \left[1 + \frac{T_d}{T_i} \right] \rightarrow 0.96$$

4.-Simulaciones

Se simula el sistema en lazo cerrado en el simulink de Matlab, se muestra en la figura 4 el bloque del proceso que se utilizo y en la figura 5 la respuesta encontrada por simulación.



Encontrando los valores óptimos y tomando en cuenta el control PID desarrollado en LabView se obtuvieron las respuestas del proceso en operación de tiempo real.



El control se desarrollo para un set-point de 50 para lo cual no se hicieron mayores ajustes y solo se llevo a cabo la supervisión a la primera hora y a las dos horas de transcurrido el proceso.

5.- Resultados.

Una vez diseñado el controlador en función de los resultados, se demostró all control PID como un proceso de trabajo de control aceptable y viable dentro de sus capacidades.

Al revisar los sobrepicos máximos fueron de 0.4 a los 63 minutos, el cual represente el 0.05% de error el cual es aceptable para fines prácticos de control.

Las condiciones de operación del proceso se desarrollo con software LabView 7.0 versión estudiantil y una tarjeta de adquisición de datos NI6008 de national instruments.

El mayor problema se encontró en el modulo de potencia que controlaba el suministro de corriente a las calefactoras ya que su respuesta no es lineal y no es confiable para operar de manera autónoma sin ayuda de un microcontrolador, ya sea por software o PLC.

6.-Conclusiones.

Los resultados obtenidos en el diseño e implementación del software, demuestran que el control PID de LabView y la tarjeta de National Instruments cumple con las características para la aplicación del proceso

Técnicas de control como la sintonización son lo suficientemente robustas, para el control de temperatura, teniendo en cuenta que esta no es una variable lineal.

Referencias.

Ogata. K. Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall, 4ta edicion, madrid 2004

Corripio. Control de procesos. Noriega Limusa, 1ª edicion, mexico 1991.

LabView 7.0 Version Estudiantil

Matlab 5.3

Garcia Cortes Jesus. Tesis de Maestría.

Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo Continuo de Vibración y Temperatura para un Equipo de Bombeo

García Cortés, José De Jesús
itcg_jesusgc@yahoo.com.mx

León Maldonado, Carlos Rogelio
carlos_roge862709@hotmail.com

García Huanaco, Juan Luis
chavo_22_84@hotmail.com

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán
Av. Tecnológico #100, carretera Cd. Guzmán el Fresnito, Jalisco

Resumen - Hoy en día las grandes industrias utilizan elaborados sistemas de control para ejecutar tareas de manera autónoma y con la menor cantidad del recurso humano posible. Sin embargo, por más elaborados, novedosos y complejos que sean los sistemas, estos requieren de la supervisión continua de las partes que los conforman (motores, engranes, conexiones eléctricas etc.).

Índice de términos - Equipo de bombeo, acelerómetro, vibración, sistema de monitoreo.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo se ha vuelto cotidiano en el mayoría de las empresas y una parte vital en la vida de las mismas, pues con la revisión continua del estado de la maquinaria presente en los procesos que allí se llevan a cabo, se evitan los gastos innecesarios y muchas veces costosos causados por el paro prolongado de los procesos de producción causando así la pérdida de capital para la empresa.

Durante la última década, los dispositivos empleados en el mantenimiento preventivo han evolucionado en gran medida; partiendo de sistemas totalmente analógicos, que requerían de recorridos periódicos a través de la planta, hasta los sistemas completamente computarizados ubicados en cuartos remotos.

En el pasado el mantenimiento predictivo no era considerado de gran importancia, pues cuando alguna parte de la maquinaria cumplía con su tiempo de vida, simplemente era reemplazada.

En ocasiones esto sucedía una vez que un daño mayor había sido provocado.

Con el tiempo los dueños y gerentes de las empresas se dieron cuenta de que las fallas provocadas por el reemplazo tardío de algún engrane (por citar un ejemplo) causaba costos anuales elevados. La solución fue por supuesto el mantenimiento predictivo y la revisión periódica de sus equipos.

Este trabajo muestra un sistema de adquisición de datos de las variables temperatura y vibración en un equipo de bombeo, propiedad de BIO PAPEL KRAFT PLANTAATENQUIQUE. Y se centra exclusivamente en el diseño del transmisor que adquiere, acondiciona y despliega la información en un DISPLAY LCD de 4X16 y en una HMI.

II. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

La información es recabada por un transmisor en campo, procesada en un microcontrolador PIC18F4550 y desplegada en un DISPLAY LCD de 4X16 ubicado también en campo. Paralelamente es enviada a un cuarto de control donde es mostrada en una HMI, en este punto, de acuerdo a los niveles presentes de las variables, se ejecuta alguna acción de control y se accionan diferentes alarmas visuales.

Estas alarmas describen si la maquinaria puede funcionar sin riesgo, con riesgo moderado, si requiere supervisión en campo o si el equipo debe ser detenido de inmediato para evitar fallos graves.

El esquema del sistema de monitoreo (Figura 1) describe que etapas conforman el sistema de monitoreo.

Es importante remarcar que la información adquirida en campo es almacenada en un ordenador. Esta información es muy importante para el personal encargado del mantenimiento de la planta, pues con ella, generan gráficos de tendencia con los cuales pueden determinar que maquinaria o equipo requiere del reemplazo de alguna de sus partes y evitar así un daño mayor.

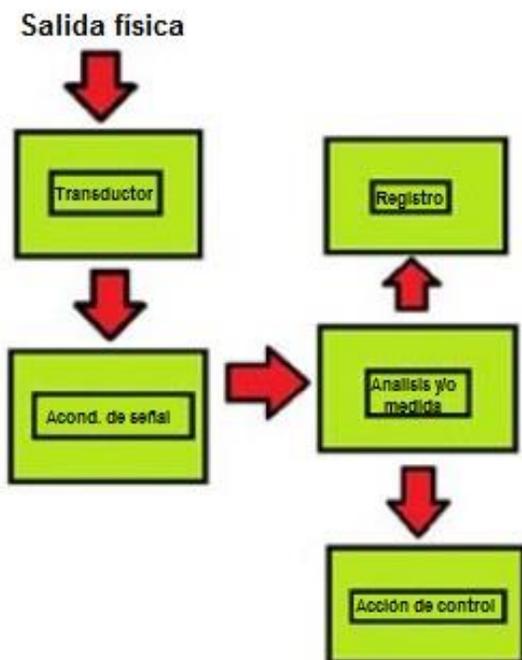


Figura 1. Esquema del sistema de monitoreo de temperatura y vibración.

III. DISEÑO DEL TRANSMISOR DE TEMPERATURA Y VIBRACIÓN

El diseño del transmisor lo conforma un conjunto de placas de circuito impreso, que tienen como fin el acondicionamiento y procesamiento de la información adquirida de las señales eléctricas que generan las variables temperatura y vibración (Figura 2).

El proceso de diseño se divide en cuatro partes, las cuales son:

- Diseño acondicionador de señal de temperatura.
- Diseño acondicionador de señal de vibración.
- Diseño tarjeta de adquisición de datos.

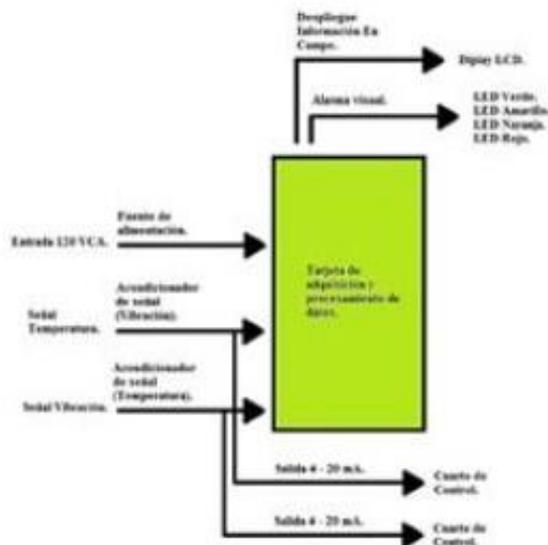


Figura 2. Estructura interna del transmisor de temperatura y vibración.

A. Diseño acondicionador de señal de temperatura.

Para sensar la temperatura de la máquina, se utilizó un sensor LM35, el cual incrementa su señal en 10mV por cada grado centígrado y tolera una temperatura máxima de 150°C. De esa manera, el voltaje de salida máximo es 1.5 volts.

Esta señal es acondicionada del rango de 0 - 1.5 volts a 1 - 5 volts para el PIC 18F4550 (Ecuación 1) y de 4 a 20mA para el PLC. Lo anterior es posible gracias a un circuito conformado por amplificadores operacionales y resistencias de diversos valores (Figura 3). El sensor muestra una respuesta lineal, esto es, a cada valor de temperatura le corresponde un valor en voltaje y el incremento en el tiempo es proporcional.

Para mostrar el equivalente en temperatura del voltaje que entra al convertidor analógico - digital del microcontrolador, se programa una función matemática que expresa la relación entre el voltaje y la temperatura (Ecuación 2) a manera de un polinomio de grado 1 (Figura 4).

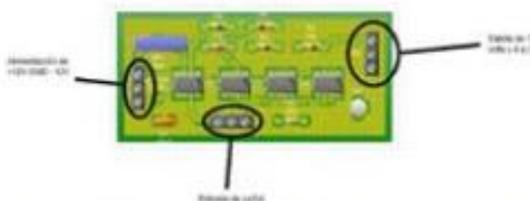


Figura 3. Tarjeta del acondicionador de señal para el sensor de temperatura LM35.

$$\text{Salida} - 5 = 2.67 * \text{Señal LM35} - 1 \quad (\text{ec. 1})$$

$$\text{Temperatura} = 37.5 * \text{Señal acondicionador} - 37.5 \quad (\text{ec. 2})$$

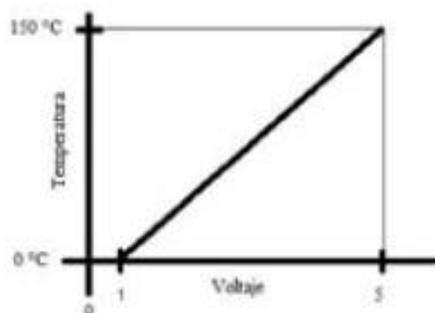


Figura 4. Gráfica de temperatura voltaje programada en el microcontrolador.

B. Diseño acondicionador de señal de vibración.

Para el acondicionamiento, se utilizó un par de filtros UAF42 en dos diferentes configuraciones, pasa-altas y pasa-bajas. El UAF42 (Figura 5) es un circuito integrado de 14 pines de alto desempeño, fabricado por TI (Texas Instruments).

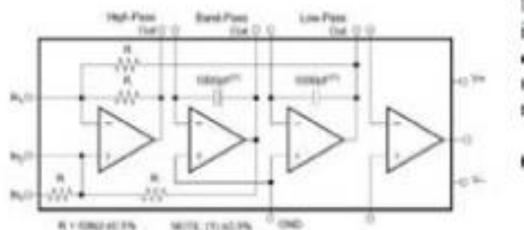


Figura 5. Estructura interna del filtro UAF42.

La razón de utilizar el filtro pasa-altas, es para eliminar el Off-set producido por la componente de CD presente y las frecuencias en el ambiente.

La señal proveniente del sensor, es una serie de ondas senoidales, estas son transformadas a un valor equivalente RMS. Para tal propósito existen circuitos integrados como el AD737 (Figura 6), el cual es un convertidor de AC a RMS, con una estructura interna conformada por amplificadores operacionales en diferentes configuraciones, como son: amplificadores logarítmico y antilogarítmico, integradores y proporcionales.

El costo total del diseño con el anterior dispositivo es muy elevado, por ese motivo se emplea un circuito diferente (Figura 7), éste es conformado por amplificadores operacionales, resistencias y diodos. Básicamente es un rectificador de precisión, el cual es capaz de rectificar señales muy pequeñas, incluso menores al voltaje de los diodos de 0.7 volts.

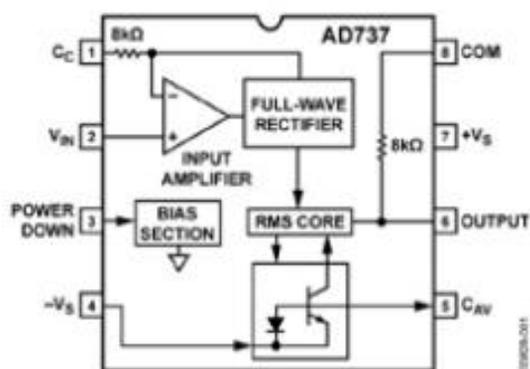


Figura 6. Estructura interna del convertidor AC RMS

La señal que entrega el circuito anterior, va de 0 a 1 in/seg (Figura 8). Esta señal, no se podría interpretar de manera correcta para el estándar manejado por un PLC; esto es de 4 a 20mA. Por lo que se ajusta al rango de 1 a 5 volts (señal para el microcontrolador 18F4550) y 4 a 20mA (señal para el PLC) Ecuación 3).

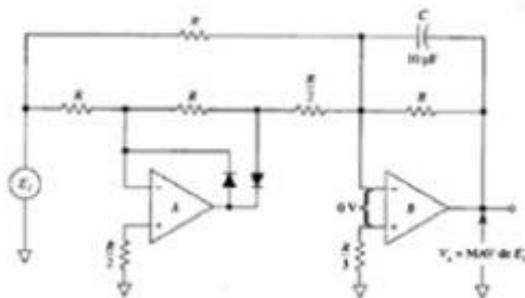


Figura 7. Circuito MAV obtiene el promedio de la entrada, este valor es aproximado al RMS.

$$\text{Señal microcontrolador} = 4 + \text{señal vib} + 1 \text{ (ec. 3)}$$

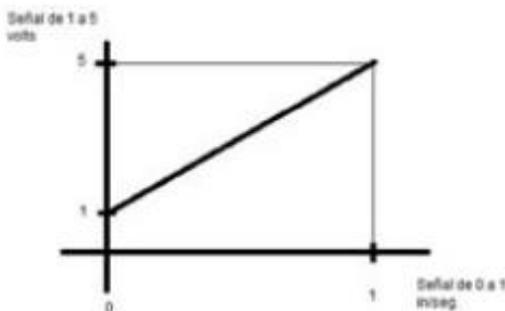


Figura 8. Grafica acondicionador de 1 a 5 volts

C. Diseño tarjeta de adquisición de datos.

La información adquirida por el conjunto de sensores y acondicionadores de señal, es enviada a dos dispositivos, un microcontrolador que despliega la información adquirida en un DISPLAY LCD y un PLC que despliega la información obtenida en un HMI, elaborado con el software RSVIEW, cuyo diseño fue realizado por el área de instrumentación de la empresa.

Esta tarjeta (Figura 9) cuenta con 3 entradas analógicas, dos para las señales de los acondicionadores y una tercera para derivar una señal proveniente de un transmisor de presión que será acoplado a la máquina en un futuro.

Cuenta con 4 salidas para las alarmas visuales, estas son implementadas con LED's en colores verde amarillo, naranja y rojo, que van de acuerdo al grado de severidad determinado por la norma ISO 10816

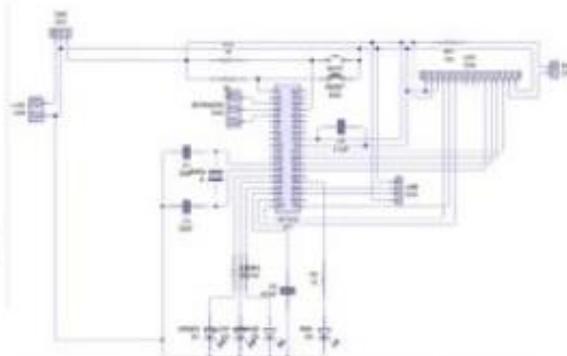


Figura 9. Tarjeta para la adquisición y procesamiento de la información proveniente de los acondicionadores de señal.

IV. RESULTADOS

Después de un periodo pertinente de pruebas del dispositivo en campo (Figura 10), se evitó el daño de la máquina rotatoria bajo monitoreo. Además de que se redujo la probabilidad de falla en dicho equipos por causa de un alto índice de vibración en rodamientos, engranajes, flechas, etc.

Mediante la información transmitida al PLC Allen Bradley de la serie SLC 500, se ejecuta el paro inmediato de la maquinaria, en caso de que se presente una condición de riesgo para el equipo por un tiempo prolongado.

Por medio del HMI se visualiza de manera gráfica el nivel de vibración presente y con los datos almacenados en la computadora de la empresa, se está al tanto del desempeño de los demás equipos donde se instaló el transmisor.



Figura 10. Tarjetas de circuito impreso pertenecientes al transmisor colocado en campo para sensar y transmitir las variables de temperatura y vibración presentes en un equipo de bombeo.

V. CONCLUSIÓN

Con la interpretación correcta de los datos y con la atención inmediata a las alarmas visuales con las que se cuenta en campo y en el cuarto de control, el equipo del área de mantenimiento predictivo es capaz de anticipar cualquier falla en los equipos monitoreados. Reduciendo con esto los paros prolongados causados por desperfectos en la maquinaria.

Cabe destacar que el análisis en el dominio de la frecuencia es una técnica muy útil para detectar desperfectos en cualquier equipo. Sin embargo resulta muchas veces costoso. Por esa razón la medición de la magnitud del valor medio de la señal de vibración es más viable.

REFERENCIAS

- [1] PALLAS A. Ramón, Adquisición y Distribución de Señales, Editorial Marcombo, Verlag, 1996.
- [2] CHAPMAN S., Maquinas Eléctricas, Tercera Edición, Editorial Mc Graw Hill, Colombia, 2002.
- [3] COUGHLIN F. R., Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Prentice Hall, México, 1999.
- [4] CREUS S. A., Instrumentación Industrial, Sexta Edición, Editorial Marcombo, Barcelona España, 1997.
- [5] GIRDHAR P., SCHEFFER C., Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, 1ra Edición, Editorial Elsevier, Oxford, UK, 2004.
- [6] KOSOW, I., Máquinas eléctricas y transformadores, 2da Edición, Editorial Prentice Hall, México-México, 1991.

Maciel García, Carlos Enrique; García Cortes, José de Jesús; Hernández Ochoa, José María; Corona Ochoa, Luis Ernesto.

CEMACIEL@ITCG.EDU.MX; JJCORTES@ITCG.EDU.MX; CHEMAH@ITCG.EDU.MX; ERNESTOCORONA@ITCG.EDU.MX;

Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Av. Tecnológico No 100 Cd. Guzmán, Jalisco, C.P. 49100, México
Tel: 01-341-57-52-050 Fax: 01-341-41-33977

Abstract. The central idea of this project was to design an automated fertigation in greenhouses environments, based on a PLC, and develop a graphical operation that is robust and easy to handle for users is that most operational staff with little training. Most of the agricultural industry in the southern region of Jalisco is temporary irrigation, which is less profitable. The existing greenhouses have no automation, so the search for alternative solutions, we propose efficient use of human and material resources of agribusiness to automate these processes, using instrumentation and control equipment to ensure the international competitiveness of the products generated. Operation tests were conducted under various environments. Leaving satisfactory operability. The project has been presented in various agricultural events, academics, manipulating users.

1 Introducción

Los avances en la ciencia y la tecnología en los diversos campos han propiciado, que en algunos rubros nos acerquemos al futuro, lo que antes era solo un sueño ahora es una realidad. Ejemplos de esto son: el proyecto Spencer, financiado por el ministro federal alemán y de varios ejemplos reales en el mundo, y en particular España, Almería, Castilla y León, etc; en donde proyectos de fertirrigación, realizados a campo abierto o en invernaderos de cristal, por la Escuela de Agronomía de Madrid toman decisiones en base de sistema de control remoto de riego por goteo y por aspersión por telefonía móvil de la ET-SII de la universidad de Rioja y varios casos de éxito similares en los cuales la ciencia se une al campo para aprovechar sus potencialidades. Actualmente existen diversas tecnologías que pueden ser implementadas en un invernadero, pero la mayoría no son adhoc al campo, mexicano y menos al sur de Jalisco por lo cual se propone automatizar estos procesos utilizando equipo de instrumentación y control adecuado al sur de Jalisco, para poder garantizar la competitividad internacional de los productos generados. Se presenta

una aplicación de automatización industrial aplicada a un sistema de fertirrigación para ambientes de invernadero. Para gestionar el control integral del sistema de fertirrigación se ha desarrollado una aplicación HMI (Human Machine Interface), que se encarga de monitorear el estado del sistema de fertirrigación así como de controlar el funcionamiento global del mismo, gestionar alarmas, generar históricos, etc.

2 Materiales y Métodos

El sistema que se ha desarrollado es un sistema de automatización y control constituido por 4 subsistemas.

2.1 Sistema hidráulico.

Como se ilustra en la Figura 1, el sistema hidráulico básicamente esta constituido por:

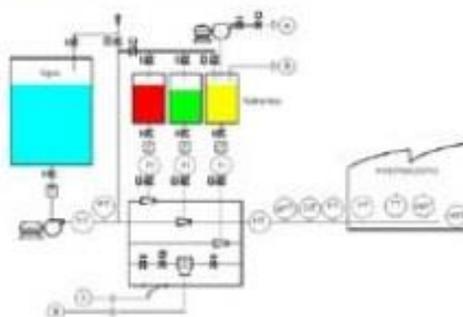


Figura 1 Sistema Hidráulico

Un tanque de almacenamiento de 10,000 litros de agua, tres tanques de almacenamiento de soluciones nutritivas, cada uno con capacidad de 100 litros, una motobomba con motor trifásico a 220 Vac y 1Hp de potencia, tres inyectores de nutrientes tipo Venturi, un inyector tipo dosatrón rango ajustable de 0-20 li-

tros por hora, una bomba dosificadora, rango ajustable de 0-20 litros por hora.

2.2 Sensores y actuadores

Las variables monitoreadas por el sistema de control y adquisición de datos son:

- Flujo de agua de riego, rango del medidor 0-1 litros por segundo.
- Flujo de nutrientes, rango del medidor: 0-20 litros por hora.
- El Ph de la solución nutritiva, rango de 0-14.
- La conductividad eléctrica de la solución nutritiva, rango 0-10 miliSimens/cm.
- Presión del agua a la entrada de los inyectores, rango del transmisor 0-60 PSI.
- Presión a la entrada del invernadero, rango de transmisor 0-30 PSI.
- Humedad del suelo o sustrato, rango 0-100 centibares
- Humedad relativa, rango 0-100 %
- Temperatura en el interior del invernadero, rango 0-60 grados Celsius.

Las ultimas 4 variables descritas se localizan en el interior del invernadero y sus señales son enviadas via inalámbrica por un modulo transmisor, hasta un modulo receptor instalado fuera del invernadero.

2.3 Controlador Lógico Programable (PLC).

El PLC actúa como una unidad de control que a partir de la información de todos los sensores y de la lógica de control. El PLC seleccionado es el Micrologix 1100, marca Allen Bradley, con dos puertos de comunicaciones, uno RS232 y otro Ethernet. El PLC se instalo en un gabinete de poliéster, Nema 4X, para uso en exteriores, a prueba de polvo y agua y resistente a salpicaduras de químicos. Para expandir su capacidad de adquisición de datos y control se le agregaron al PLC los siguientes módulos: 2 módulos de 4 entradas analógicas de 4-20mA, 1 modulo de 16 entradas digitales de 24 VCD, 1 modulo de 16 salidas a relevador, esto se muestra en la imagen 2.



Figura 2 Modulo de Montaje.

2.3 Interfaz humano-maquina (HMI)

Una interfaz Hombre-Máquina o HMI ("Human Machine Interface"), es el dispositivo que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso. Los sistemas HMI nos permiten tener una interfaz de comunicación con los operadores humanos por medio de dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida. En este proyecto lo primordial fue la implementación de la interfaz gráfica de operación de usuario, la cual se desarrolló en una computadora personal (PC), la cual su función principal es ser el vinculo de la comunicación de la información del PLC al usuario y viceversa, además de realizar las funciones de visualización de la operación del proceso, despliegue de tendencias, servidor de WEB y transmisor de mensajes de texto (SMS), vie dispositivos de comunicación (teléfono celular) para las alarmas críticas, El equipo de computo cuenta con una CPU, un monitor LCO Touch Screen, fue instalada en una consola de operación (Consola HMI), tipo NEMA 1, para uso en interiores, como se ilustra en la Figura 3.

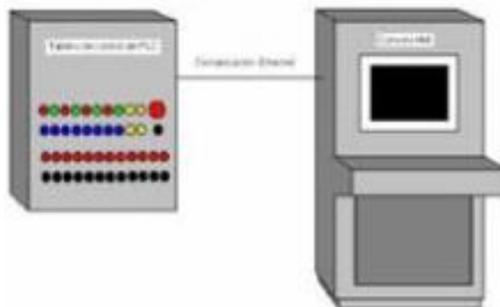


Figura 3 Tablero de control y consola de operación con el software HMI

En la Figura 4, se encuentra la pantalla principal del software HM1, del Sistema de Control Nutricional Automatizado para Ambientes de Invernadero. Del cual se describirán algunos de sus componentes principales.



Figura 4 Pantalla principal del software HMI

En la Figura 5, se muestra el proceso general del proyecto, teniendo la posibilidad desde esta pantalla, entrar a los subsistemas donde se encuentra pH, conductividad, temperatura, humedad y el cabezal principal. Podemos visualizar algunos módulos de reserva, para crecimiento futuro del proyecto, debido que se tiene contemplado el subsistema de cámaras de video y de estación meteorológica entre otros.



Figura 5 Proceso

En la Figura 6 se encuentra el Sistema de riego, en el cuál se podrá configurar diversos programas de riego de acuerdo al tipo y al estado fenológico de la planta.



Figura 6 Pantalla del sistema de riego

En la Figura 7, tenemos la monitorización de dos variables una referente a la temperatura que tiene nuestro invernadero así como la presión que se genera con los nutrientes y el agua de riego dentro de las tuberías, estos medidores se muestran en forma digital y en una barra manteniendo con esto los valores óptimos para nuestra planta. También se muestra una imagen de cada uno de los medidores que tenemos en físicamente en el cabezal de riego y por último el botón de Inicio el cual nos regresa a nuestra pantalla principal.



Figura 7 Presión y temperatura.

3 Resultados y discusión

Se diseño y construyó el sistema automatizado de fertirrigación para ambientes bajo invernadero. El cual se muestra en la Figura 8, dicho sistema ha sido financiado con recursos del programa soporte, de SAGARPA, por medio de la Fundación Produce Jalisco AC., en este momento se ha entregado la primera etapa y se está iniciando una segunda etapa la cual en continuidad con el proyecto de automatización de invernaderos, se pretende la automatización para el control del microclima.



Figura 8 Sistema completo

El programa en el PLC del sistema, realiza automáticamente la fertirrigación en los tiempos programados desde la consola de operación. Se tiene en operación un algoritmo de control PID del variador de velocidad del motor para mantener el valor de presión de agua deseado, permitiendo un ahorro estimado de

energía del 30%, en comparación con las aplicaciones tradicionales que mantienen operando al motor a tensión plena y realizan el control de la presión mediante una válvula reguladora.

El sistema cuenta también con lazos cerrados de control; control de pH y control de conductividad de la solución nutritiva. El controlador de pH activa por medio de una electroválvula la alimentación de una solución alcalina (para aumentar el nivel del pH de la solución nutritiva) y mediante otra electroválvula, la alimentación de una solución ácida (para bajar el nivel de Ph).

El control de pH permite al cultivo asimilar al máximo los nutrientes suministrados, el control de conductividad se realiza de manera similar por medio de electroválvulas. Todo ello adicionalmente es controlado por el software HMI, lo cual permite a los operadores una forma sencilla y robusta de operar el sistema. Debido a que está diseñado para ser utilizado en campo y por personas que en ocasiones tienen poco o nulo conocimiento de las nuevas tecnologías, se ha procurado que sea fácil de manipular.

4 Conclusiones

En general el presente proyecto ofrece a la comunidad un sistema de fertirriego económicamente accesible por lo que el objetivo principal de este se ve claramente alcanzado, ya que al culminar dicho trabajo se obtuvo un prototipo de calidad internacional puesto que en el país somos pioneros en este tipo de trabajos con lo cual se empezará a comercializar y a competir con los pocos dispositivos actuales en el mercado los cuales son extranjeros, además se cumplen las expectativas que nos plantearon los agricultores sobre las necesidades que ellos tenían. El resultado es un sistema modular donde el agricultor puede ir adquiriendo de acuerdo a sus necesidades y su posibilidad económica diferentes módulos con los que cuenta el sistema desde algo muy sencillo hasta un sistema totalmente automatizado con el cual puedan tener una mejor calidad de vida, además de que se está contribuyendo a la ecología con el hecho de que nuestro sistema solamente proporciona la cantidad de agua que la planta requiere sin necesidad de hacer un desperdicio de la misma con aspersores.

Se consiguió con este desarrollo incrementar la productividad y la calidad de vida del agricultor, al ser posible el monitoreo remoto de las variables del sistema, ya que con este sistema es posible que los encargados de la operación rutinarias en un invernadero, puedan programar el sistema para poder realizar otras actividades y no estar esperando para cerrar o abrir una válvula poder realizar la nutrición adecuada de las plántulas.

Los Aportes tecnológicos son:

- Se consigue que la interfaz hombre máquina, sea aceptada por los usuarios de prueba, a los cuales al permitirles la entrada de datos y órdenes por medio de una pantalla táctil con características aceptables en la industria.
- Se logra diseñar un sistema automatizado de fertirrigación de nutrientes completamente maduro y 60% más económico que cualquier equipo con funciones similares.
- Se consigue ahorro de energía eléctrica al emplear variadores de velocidad para el arranque de motores y para controlar la presión del sistema de fertirrigación.
- El uso de sensores inalámbricos reduce gastos de instalación y mantenimiento, al ser necesario menos cableado.
- El uso de hardware industrial y de herramientas de programación específicas para la automatización, reduce los tiempos de desarrollo y aumenta la fiabilidad de las aplicaciones desarrolladas.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a la Fundación Produce Jalisco A.C., por los apoyos en el proyecto de investigación así como al Instituto Tecnológico de Cd Guzmán, por las facilidades en el desarrollo de la investigación y su registro en la DGEST.

Referencias

- BALCELLS, JOSEP; ROMERAL, JOSÉ LUIS. (2001). *Autómatas Programables*. Alfaomega y Marcombo. México D.F. 439 p.
- Manual de curso Práctico de "AURORA HMI SCADA". IMEPI (Ingeniería Mexicana Especializada en Proyectos Industriales).
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, VICTORIANO ÁNGEL (2008). *Potencia Hidráulica Controlada por PLC*. Alfaomega y Ra-Ma. México D.F. 283 p.
- PEREZ CRUZ, JUAN; PINEDA SÁNCHEZ, MANUEL. (2008). *Automatización de Maniobras Industriales Mediante Automatas Programables*. Alfaomega. México D.F. 283 p.
- LEVINE, WILLIAM. (1996). *THE CONTROL HANDBOOK*. CRS PRESS. United State of America, ISBN 08493-8570-9
- BISHOP, ROBERT. (2002). *THE MECHATRONICS HANDBOOK*. CRC PRESS. United State of America, ISBN 0-8493-0066-5

Preparación de Artículos para TRANSACCIONES y PERIÓDICOS del IEEE

Apellido, Nombre1., Apellido, Nombre2 y Apellido, Nombre3.
{login1,login2, ...}@xxx.yy.zz
Nombre Institución

Resumen—Estas instrucciones le dan pautas por preparar los documentos para las TRANSACCIONES y PERIÓDICOS del IEEE. Use este documento como una plantilla si usted esta usando Microsoft Word 6.0 o mayor. Por otra parte. Use este documento como un conjunto de instrucciones. El archivo electrónico de su documento se estructurará además por el IEEE. Defina todos los símbolos usados en el resumen. No cite referencias en el resumen. No borre el espacio inmediatamente encima del resumen; ponga la nota de pie de página al fondo de esta columna.

Índice de Términos—Cerca de cuatro palabras claves o frases en orden alfabético, separadas por comas. Para una lista de palabras claves sugeridas, envíe un correo electrónico en blanco a keywords@ieee.org o visite el sitio web de IEEE en: http://www.computer.org/portal/site/ieeeccs/menuitem.c5efb9b8ade9096b8a9ca0108bcd45f3/index.jsp?&pName=ieeeccs_level1&path=ieeeccs/publications/author&file=ACMtaxonomy.xml&xsl=generic.xsl&

I. INTRODUCCIÓN

ESTE DOCUMENTO ES UNA PLANTILLA PARA MICROSOFT WORD VERSIONES 6.0 O MAYORES. Si usted está leyendo la versión paper de este documento, por favor descargue el archivo electrónico, TRANS-JOUR.DOC, de <http://www.ieee.org/organizations/pubs/transactions/stylesheets.htm> para que pueda usarlo para preparar su manuscrito. Si usted prefiriere usar LÁTEX, descargue el estilo de LÁTEX de IEEE y archivos de muestra de la misma página Web. Use estos archivos LÁTEX para estructurar, pero por favor siga las instrucciones en TRANS-JOUR.DOC o TRANS-JOUR.PDF.

Si su documento esta proyectado para una conferencia, por favor avise a su editor de la conferencia acerca del procesador de texto aceptable particularmente para su conferencia. Cuando usted abre TRANS-JOUR.DOC, seleccione "Botón Esquema" del menú "Ver" en la barra de menú (Ver | Botón Esquema) que le permite ver las notas a pie de página. Entonces

tecleee encima de las secciones de TRANS-JOUR.DOC o corte y pegue de otro documento y entonces use los estilos de encarecimiento. El menú desplegable de estilo está en la izquierda de la Barra de herramientas Formato en la cima de su ventana de Word (por ejemplo, el estilo en este lugar del documento "Texto"). Resalte una sección que usted quiera designar con un cierto estilo, entonces seleccione el nombre apropiado en el menú de estilo. El estilo ajustará su fuente y espaciando de renglones. No cambie el tamaño de la fuente o espaciado de renglones para apretar más texto en un número limitado de páginas. Use las cursivas para el énfasis; no subraye.

Para insertar imágenes en Word, posicione el cursor al punto de inserción y o use Insertar | Imagen | Desde Archivo o copie la imagen al portapapeles de Windows y entonces Edición | Pegado especial | Imagen.

IEEE hará el último formato de su documento. Si su documento esta proyectado para una conferencia, por favor observe el límite de páginas de conferencia.

II. PROCEDIMIENTO PARA LA SUMISIÓN DEL DOCUMENTO

A. Fase de revisión

Por favor verifique con su editor para someter su manuscrito por copia impresa o electrónicamente a revisión. Si la copia impresa, somete fotocopias tal que sólo una columna aparece por la página. Esto le dará lugar suficiente a sus árbitros para que escriban comentarios. Envíe el número de copias especificado por su editor (típicamente cuatro). Si sometió electrónicamente, averigüe si su editor prefiere las sumisiones en el disco o como conexión de correo electrónico.

B. Última Fase

Cuando usted somete su última versión, después de que su documento se ha aceptado, imprímalo en el formato de dos columnas, incluso las figuras y tablas. Envíe tres impresiones del documento; dos irán al IEEE y una se retendrá por el Jefe de redacción o el presidente de la conferencia de publicaciones.

Usted también debe enviar su manuscrito final en un disco que IEEE usará para preparar su documento para la publicación. Escriba el nombre de los autores en la etiqueta del disco. Si usted está usando un Macintosh, por favor guarde su archivo en un disco formateado de PC, si es posible. Usted puede usar *Zip* o discos de CD-ROM para los archivos grandes, o comprimir archivos usando *Compress*, *Pkzip*, *Stuffit*, o *Gzip*. También envíe una hoja de papel con la información completa de contacto para todos los autores. Incluya la dirección de correo completa, números de teléfono, números de facsímil, y direcciones del correo electrónico. Esta información se usará para enviarle a cada autor una copia del compromiso del periódico en que el documento aparecerá. Además, designe a un autor como el "autor correspondiente." Éste es el autor a quien se enviará la corrección del documento. Sólo se envían las demostraciones al autor correspondiente.

A. figuras

Se procesarán todas las tablas y figuras como imágenes. Sin embargo, IEEE no puede extraer las tablas y figuras incluidas en su documento. (Las figuras y tablas que usted inserta en su documento sólo están solo para ayudarle a medir el tamaño de su documento, por conveniencia de los árbitros, y para hacerlo fácil para usted distribuir las preimpresiones.) Por tanto, someta, en hojas de papel separadas, versiones agrandadas de las tablas y figuras que aparecen en su documento. Éstas son las imágenes que el IEEE examinará y publicará con su documento.

B. Archivos electrónicos de Imagen (Opcional)

Usted tendrá mayor control sobre la apariencia de sus figuras si usted puede preparar los archivos electrónicos de imagen. Si usted no tiene las

habilidades de computación requeridas, sólo someta las impresiones de papel como se indicó anteriormente y salte esta sección.

1) *la Manera más fácil*: Si usted tiene un escáner, la manera mejor y más rápida de preparar los archivos de la figura sin color es imprimir sus tablas y figuras en el papel exactamente como usted quiere que ellas aparezcan, escanéelas, y luego guárdelas en archivo en formatos PostScript (PS) o Encapsulated PostScript (EPS). Use un archivo separado para cada imagen. Los nombres de archivo deben ser de la forma "fig1.ps" o "fig2.eps."

III. LA MATEMÁTICA

Si usted está usando *Word*, use el Editor de Ecuaciones de Microsoft o el complemento *MathType* (<http://www.mathtype.com>) para las ecuaciones en su documento (Insertar | Objeto | Crear Nuevo | Editor de Ecuaciones de Microsoft o Ecuación MathType).

IV. LAS UNIDADES

Use SI (MKS) o CGS como unidades primarias. (Se prefieren las unidades del SI fuertemente.) Pueden usarse las unidades inglesas como unidades secundarias (en paréntesis). Esto se aplica a los documentos en el almacenamiento de información. Por ejemplo, escriba "15 Gb/cm² (100 Gb/in²)." Una excepción es cuando se usan las unidades inglesas como los identificadores en el comercio, como "3½ en la unidad de disco." Evite combinar SI y unidades de CGS, como la corriente en los amperios y el campo magnético en oersteds. Esto lleva a menudo a la confusión porque las

ecuaciones no cuadran dimensionalmente. Si usted debe usar unidades mixtas, claramente declare las unidades para cada cantidad en una ecuación.

La unidad del SI para la fuerza del campo magnético H es A/m. Sin embargo, si usted desea usar unidades de T, o referirse a densidad de flujo magnético B o la fuerza del campo magnético

simbolizadas como $\mu_0 H$. Use un punto en el centro para separar las unidades compuestas, por

ejemplo, "A·m²."

V. INDICACIONES ÚTILES

A. figuras y tablas

Las figuras grandes y tablas pueden ocupar el espacio de ambas columnas. Ponga los subtítulos de las figuras debajo de las figuras; ponga los títulos de las tablas sobre las tablas. Si su figura tiene dos partes, incluya las etiquetas "(a)" y "(b)" como parte de las obras de arte. Por favor verifique que las figuras y tablas que usted menciona en el texto realmente existan. Por favor no incluya subtítulos como parte de las figuras. No ponga subtítulos en "cuadros de texto" vinculados a las figuras. No ponga bordes externos en sus figuras. Use la abreviación "Fig." incluso al principio de una frase. No abrevie "Tabla". Las tablas se numeran con números romanos.

No use color a menos que sea necesario para la interpretación apropiada de sus figuras. Las etiquetas de los ejes de las figuras son a menudo una fuente de confusión. Use palabras en lugar de símbolos. Como ejemplo, escriba la cantidad "Magnetización," o "Magnetización M," no sólo "M." Ponga las unidades en los paréntesis. No etiquete los ejes sólo con las unidades. Como en la Fig. por ejemplo, 1 escriba "Magnetización (A/m)" o "Magnetización (A·m⁻¹)" no sólo "A/m." No etiquete los ejes con una proporción de cantidades y unidades. Por ejemplo, escriba "Temperatura (K)," no "Temperatura /K."

Los multiplicadores pueden ser sobre todo confusos. Escriba "Magnetización (kA/m)" o "Magnetización (10³ A/m)." No escriba "Magnetización (A/m) x 1000" porque el lector no sabrá si la etiqueta del eje de arriba en la Fig. 1 significa 16000 A/m o 0.016 A/m. Las etiquetas de la figura deben ser legibles, aproximadamente 8 a 12 punto.

TABLE I

UNITS FOR MAGNETIC PROPERTIES

Symbol	Quantity	Conversion from Gaussian and CGS EMU to SI ^a
Φ	magnetic flux	1 Mx \rightarrow 10 ⁻⁸ Wb = 10 ⁻⁸ V·s
B	magnetic flux density, magnetic induction	1 G \rightarrow 10 ⁻⁴ T = 10 ⁻⁴ Wb/m ²
H	magnetic field strength	1 Oe \rightarrow 10 ³ /(4 π) A/m
m	magnetic moment	1 erg/G = 1 emu \rightarrow 10 ⁻⁴ A·m ² = 10 ⁻⁴ J/T
M	magnetization	1 erg/(G·cm ³) = 1 emu/cm ³ \rightarrow 10 ³ A/m
$4\pi M$	magnetization	1 G \rightarrow 10 ³ /(4 π) A/m
σ	specific magnetization	1 erg/(G·g) = 1 emu/g \rightarrow 1 A·m ² /kg
j	magnetic dipole moment	1 erg/G = 1 emu \rightarrow 4 π × 10 ⁻¹⁰ Wb·m
J	magnetic polarization	1 erg/(G·cm ³) = 1 emu/cm ³ \rightarrow 4 π × 10 ⁻⁴ T
χ, κ	susceptibility	1 \rightarrow 4 π
χ_v	mass susceptibility	1 cm ³ /g \rightarrow 4 π × 10 ⁻⁶ m ³ /kg
μ	permeability	1 \rightarrow 4 π × 10 ⁻⁷ H/m = 4 π × 10 ⁻⁷ Wb/(A·m)
μ_r	relative permeability	$\mu \rightarrow \mu_r$
w, W	energy density	1 erg/cm ³ \rightarrow 10 ⁻¹ J/m ³
N, D	demagnetizing factor	1 \rightarrow 1/(4 π)

No vertical lines in table. Statements that serve as captions for the entire table do not need footnote letters.

^aGaussian units are the same as cgs emu for magnetostatics; Mx = maxwell, G = gauss, Oe = oersted; Wb = weber, V = volt, s = second, T = tesla, m = meter, A = ampere, J = joule, kg = kilogram, H = henry.

B. Referencias

Numere las citas consecutivamente en paréntesis cuadrados [1]. El punto de la frase sigue los paréntesis [2]. múltiples referencias [2], [3] son numeradas con los paréntesis separados [1]–[3]. Al citar una sección en un libro, por favor dé los números de página pertinentes [2].

En las frases, simplemente refiérase al número de la referencia, como en [3]. No use “Ref. [3]” o “referencia [3]” excepto al principio de una frase: “la Referencia [3] muestra... ”

Numere las notas a pie de página separadamente en los exponentes (Insertar | Referencia | Nota a pie de página). Ponga la nota a pie de página actual al fondo de la columna en que se cita; no ponga las notas a pie de página en la lista de referencias (notas del final). Use letras para las

notas a pie de página en la tabla (ver Tabla I). Por favor note que las referencias al final de este documento están en estilo referido preferido. Dé todos los nombres de los autores; no use “el al del” a menos que hay seis autores o más. Use un espacio después de las iniciales de los autores. Documentos que no se han publicado deben citarse como “inédito” [4]. Documentos que se han sometido o se han aceptado para la publicación deben citarse como “sometido a publicación” [5]. Por favor dé afiliaciones y direcciones para las comunicaciones personales [6].

Escriba con mayúscula sólo los primeros términos del título del documento, salvo los nombres propios y símbolos del elemento. Si usted esta corto de espacio, puede omitir los títulos del documento. Sin embargo, los títulos del documento son útiles a sus lectores y se recomiendan fuertemente.

C. Abreviaciones y Siglas

Defina las abreviaciones y siglas la primera vez que sean usadas en el texto, incluso después de que se hayan definido en la teoría. Las abreviaciones como IEEE, SI, ac, y dc no tienen que ser definidas. Las abreviaciones que llevan puntos incorporados no deben tener espacios: escriba “C.N.R.S.,” no “C. N. R. S.” No use las abrevia-

ciones en el título a menos que ellas sean inevitables (por ejemplo, “IEEE” en el título de este artículo).

D. Ecuaciones

Numere las ecuaciones consecutivamente con los números de la ecuación en paréntesis contra el margen derecho, como en (1). Primero use al editor de ecuaciones para crear la ecuación. Luego seleccione estilo de encarecimiento “Ecuación”. Presione la tecla tab y escriba el número de la

ecuación en los paréntesis. Para hacer sus ecuaciones más compactas, usted puede usar (/), la función exp, o exponentes apropiados. Use los paréntesis para evitar las ambigüedades en los denominadores. Puntúe las ecuaciones cuando ellos son parte de una frase, como en

$$\int_0^{\infty} \exp(-\lambda |z_j - z_i|) \lambda^{-1} J_1(\lambda r_2) J_0(\lambda r_1) d\lambda. \quad (1)$$

Esté seguro que los símbolos en su ecuación han estado definidos antes de aparecer la ecuación o inmediatamente enseguida. Ponga en cursiva los símbolos (*T* podría referirse a la temperatura, pero *T* es la unidad tesla). Refiérase a “(1),” no a “Eq. (1)” o “la ecuación (1),” excepto al principio de una oración: “la Ecuación (1) es... ”

E. Otras Recomendaciones

Use un espacio después de los puntos finales y de los dos puntos. Una con guión los modificadores complejos: “campo - cero -refrescando la magnetización.” Evite hacer balancear en el aire los participios, como, “Usando (1), el potencial era calculado.” [No está claro quién o que usó (1).] Escriba en cambio, “El potencial era calculado usando (1),” o “Usando (1), nosotros calculamos el potencial.”

Use un cero antes de los puntos decimales: “0.25,” no “.25.” Use “cm³,” no “cc.” Indique las dimensiones simplificadas como “0.1 cm x 0.2 cm,” no “0.1 x 0.2 cm².” La abreviación para “segundos” es “s,” no “sec.” No mezcle los nombres

completos y abreviaciones de unidades: use "Wb/m²" o "webers por metro cuadrado," no "webers/m²." Al expresar un rango de valores, escriba "7 a 9" o "7-9," no "7~9."

Una declaración en paréntesis al final de una frase se puntúa fuera del paréntesis del cierre (gusta esto). (Una frase en paréntesis se puntúa dentro de los paréntesis.) En inglés americano, los puntos finales y comas van dentro de las comillas, como "este punto." Otra puntuación va "afuera"! Evite las reducciones; por ejemplo, escriba "do not" en lugar de "don't." La coma consecutiva se prefiere: "A, B, y C" en lugar de "A, B y C."

Si usted desea, puede escribir en primera persona singular o plural y puede usar la voz activa ("yo observé que..." o "Nosotros observamos que..." en lugar de "fue observado que..."). Recuerde verificar la ortografía. Si su idioma nativo no es inglés, por favor consiga que un colega angloparlante nativo corrija su documento.

VI. ALGUNOS ERRORES COMUNES

La palabra "data (datos)" es plural, no singular. El subíndice para la permeabilidad del vacío μ_0 es cero, no un escriba en letras minúsculas la letra

"o." El término para la magnetización residual es "remanente. Use la palabra "micrómetro" en lugar de "microm." Un gráfico dentro de un gráfico es una "intercalación," no una "inserción." La palabra "alternativamente" se prefiere a la palabra "alternadamente" (a menos que usted realmente quiera decir algo que alterne). Use la palabra "considerando que" en lugar de "mientras" (a menos que usted está refiriéndose a los eventos simultáneos). No use la palabra "esencialmente" para significar "aproximadamente" o "eficazmente." No use la palabra "emisión" como una alusión para "problema." Cuando las composiciones no son los símbolos químicos especificados, separados por-guiones; por ejemplo, "NiMn" indica la aleación Ni_{0.5}Mn_{0.5} compuesto considerando que "Ni-Mn" indica una aleación de alguna composición Ni_xMn_{1-x}.

Sea consciente de los diferentes significados de los homófonos "afectar" (normalmente un verbo) y "efecto" (normalmente un nombre), "complemento" y "cumplimiento," "continuo" y

"discreto," "principal" (por ejemplo, "el investigador principal") y "principio" (por ejemplo, "el principio de medida"). No confunda "implicar" e "inferir."

Los prefijos como "non," "sub," "micro," "multi," y "ultra" no son palabras independientes; ellas deben unirse a las palabras que ellos modifican, normalmente sin un guión. No hay ningún período después "et" en la abreviación latina "et al." (también se pone en cursiva). La abreviación "i.e.," significa "es decir," y la abreviación "e.g.," significa "por ejemplo" (estas abreviaciones no se ponen cursiva).

Un excelente manual de estilos y fuente de información para escritores de la ciencia es [8]. Una guía general de estilos IEEE, *Información para Autores*, está disponible en <http://www.ieee.org/organizations/pubs/transactions/information.htm>

VII. POLÍTICA EDITORIAL

No se requiere sumisión de un manuscrito por la participación en una conferencia. No someta una versión de una nueva presentación de un documento que usted ha sometido o ha publicado en otra parte. No publique datos o

resultados "preliminares". El autor sometido es responsable para estar de acuerdo con todos los coautores y cualquier consentimiento requerido de los patrocinadores antes de someter un documento (paper). IEEE TRANSACTIONS and JOURNALS disuade fuertemente la paternidad literaria de cortesía. Es obligación de los autores citar el trabajo previo pertinente.

Las TRANSACCIONES publican documentos relacionados a conferencias que se han recomendado para la publicación en base a la revisión del par.

Por lo menos se requieren dos revisiones para cada documento sometido. Para los documentos relacionados a conferencias, la decisión para aceptar o rechazar un documento es hecho por los editores de la conferencia y el comité de publicaciones; las recomendaciones de los árbitros sólo son asesorías. Inglés indescifrable es una razón válida para el rechazo. Los autores de documentos rechazados pueden revisar y re-

someter ellos a las TRANSACCIONES como los documentos regulares, después de lo cual ellos se repasarán por dos nuevos árbitros.

VIII. PRINCIPIOS DE PUBLICACIÓN

El contenido de las TRANSACCIONES y PERIÓDICOS de IEEE son repasados por el par y archivados. Las TRANSACCIONES publican artículos eruditos de valor del archivo así como exposiciones tutoriales y revisiones críticas de asuntos clásicos y temas de interés actual.

Los autores deben considerar los puntos siguientes:

Documentos técnicos sometidos a publicación deben adelantar el estado de conocimiento y deben citar el trabajo previo pertinente.

La longitud de un documento sometido debe ser correspondiente con la importancia, o apropiado a la complejidad, del trabajo. Por ejemplo, una extensión obvia de trabajo previamente publicado no podría ser apropiada para la publicación o podría tratarse adecuadamente en sólo unas páginas.

Los autores deben convencer a ambos críticos del par y los editores del mérito científico y técnico del documento; las normas de prueba son más altas cuando se reportan resultados extraordinarios o inesperados.

Porque la repetición se requiere para el progreso científico, documentos sometidos a la publicación deben proporcionar información suficiente para permitirles a los lectores realizar experimentos similares o cálculos y usar los resultados informados. Aunque no todo necesita ser descubierto, un documento debe contener nueva, usada, e información totalmente descubierta. Por ejemplo, la composición química de un espécimen necesita que no se informe si el propósito principal de un documento es introducir una nueva técnica de la medida. Los autores deben esperar ser desafiados por críticos si los resultados no son soportados por los datos adecuados y los detalles críticos.

Documentos que describen el trabajo contin-

uo o anuncian el último logro técnico que es conveniente para la presentación en una conferencia profesional no pueden ser apropiados para la publicación en TRANSACCIONES o PERIÓDICOS.

IX. CONCLUSIONES

Una sección de conclusiones no se requiere. Aunque una conclusión puede repasar los puntos principales del documento, no reproduzca lo del resumen como conclusión. Una conclusión podría extender la importancia del trabajo o podría hacer pensar en aplicaciones y extensiones.

APÉNDICE

Los apéndices, si son necesarios, aparecen antes del reconocimiento.

RECONOCIMIENTO

La ortografía preferida de la palabra "acknowledgment" en inglés americano es sin una "e" después de la "g." Use el título singular aun cuando usted tiene muchos reconocimientos. Evite las expresiones como "Uno de nosotros (S.B.A.) gustaría agradecer..." En cambio, escriba "F. A. agradecimientos del autor..." reconocimientos a patrocinador y de apoyo

financieros se ponen en la nota a pie de página de la primera página sin numerar.

REFERENCIAS

- [1] G. O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics (Book style with paper title and editor)," in *Plastics*, 2nd ed. vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [2] W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems* (Book style). Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.
- [3] H. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*. New York: Springer-Verlag, 1985, ch. 4.
- [4] J. U. Duncombe, "Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility (Periodical style)," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-11, pp. 34–39, Jan. 1959.

- [5] S. Chen, B. Mulgrew, and P. M. Grant, "A clustering technique for digital communications channel equalization using radial basis function networks," *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 4, pp. 570–578, July 1993.
- [6] R. W. Lucky, "Automatic equalization for digital communication," *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 44, no. 4, pp. 547–588, Apr. 1965.
- [7] E. H. Miller, "A note on reflector arrays (Periodical style—Accepted for publication)," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, to be published.
- [8] S. P. Bingulac, "On the compatibility of adaptive controllers (Published Conference Proceedings style)," in *Proc. 4th Annu. Allerton Conf. Circuits and Systems Theory*, New York, 1994, pp. 8–16.
- [9] G. R. Faulhaber, "Design of service systems with priority reservation," in *Conf. Rec. 1995 IEEE Int. Conf. Communications*, pp. 3–8.
- [10] W. D. Doyle, "Magnetization reversal in films with biaxial anisotropy," in *1987 Proc. INTERMAG Conf.*, pp. 2.2-1–2.2-6.
- [11] G. W. Juette and L. E. Zeffanella, "Radio noise currents in short sections on bundle conductors (Presented Conference Paper style)," presented at the IEEE Summer power Meeting, Dallas, TX, June 22–27, 1990, Paper 90 SM 690-0 PWRS.
- [12] J. G. Kreifeldt, "An analysis of surface-detected EMG as an amplitude-modulated noise," presented at the 1989 Int. Conf. Medicine and Biological Engineering, Chicago, IL.
- [13] J. Williams, "Narrow-band analyzer (Thesis or Dissertation style)," Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993.
- [14] N. Kawasaki, "Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow," M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.
- [15] B. Smith, "An approach to graphs of linear forms (Unpublished work style)," unpublished ed.
- [16] J. P. Wilkinson, "Nonlinear resonant circuit devices (Patent style)," U.S. Patent 3 624 12, July 16, 1990.
- [17] A. Harrison, private communication, May 1995.
- [18] *IEEE Criteria for Class IE Electric Systems* (Standards style), IEEE Standard 308, 1969.
- [19] *Letter Symbols for Quantities*, ANSI Standard Y10.5-1968.
- [20] R. E. Haskell and C. T. Case, "Transient signal propagation in lossless isotropic plasmas (Report style)," USAF Cambridge Res. Lab., Cambridge, MA Rep. ARCL-66-234 (II), 1994, vol. 2.
- [21] [10] E. E. Reber, R. L. Michell, and C. J. Carter, "Oxygen absorption in the Earth's atmosphere," Aerospace Corp., Los Angeles, CA, Tech. Rep. TR-0200 (420-46)-3, Nov. 1988.
- [22] (Handbook style) *Transmission Systems for Communications*, 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, 1985, pp. 44–60.
- [23] [12] *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989.
- [24] (Basic Book/Monograph Online Sources) J. K. Author. (year, month, day). Title (edition) [Type of medium]. Volume(issue). Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL))
- [25] J. Jones. (1991, May 10). Networks (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>
- [26] (Journal Online Sources style) K. Author. (year, month). Title. *Journal* [Type of medium]. Volume(issue), paging if given. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL))
- [27] R. J. Vidmar. (1992, August). On the use of atmospheric plasmas as electromagnetic reflectors. *IEEE Trans. Plasma Sci.* [Online]. 21(3). pp. 876–880. Available: <http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar>

Autores

Breve referencias sobre la formación académica del autor y su experiencia.

Traducido por:

Javier A. González C.

Presidente Rama IEEE

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

2002

"Este documento esta diseñado para presentar (en ingles) el desarrollo de proyectos al IEEE. Es solo una guía, el autor debe ajustarlo a su necesidad"